ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

@ZTUEDUUA

Компютерна обробка зображень в інформаційно-вимірювальних системах

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

Лекції - 16.

Лабораторні роботи – 8.

Контрольна робота – 1.

Підсумковий звіт – екзамен.

ОЦІНЮВАННЯ

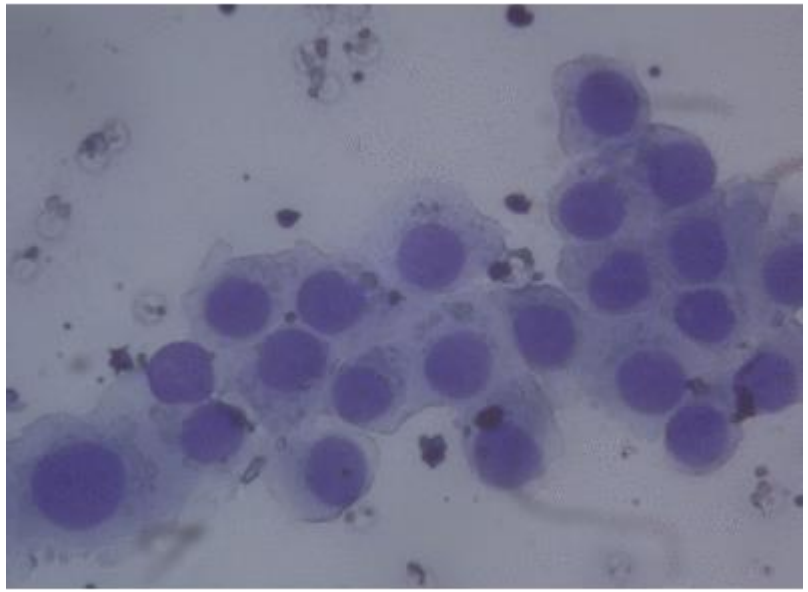
Лекцій 16 (конспект лекцій 20 балів).

Лабораторні роботи 8 (64 бали).

Контрольна робота 16 балів.

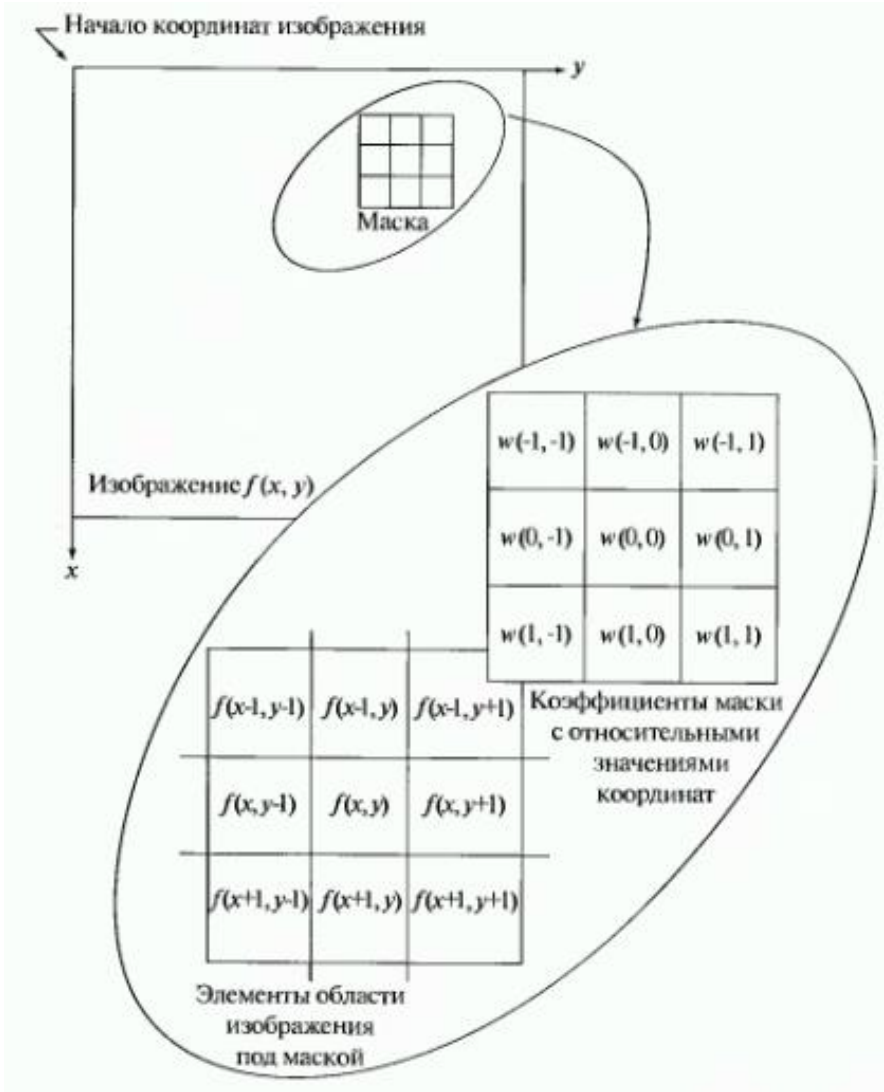
Лекція 2
Тема:Фільтрація шумів на цифрових зображеннях з вимірювальною інформацією

1) Фільтрація в просторовій області.
2) Фільтрація в частотній області.
3) Оцінка якості цифрових зображень.



1. Фільтрація в просторовій області

- Обробка по пікселям;
- Локальні перетворення у вікні;
- Просторові координати зображення;
- Піксель та його окіл;
- Вікно та маска фільтра.



$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s,t) f(x+s, y+t),$$

Межі зображення

$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}, \qquad \frac{1}{10}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 2 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix}.$$

Усереднення ряду зображень
Адитивні шуми
Арифметичний усереднюючий фільтр

$$f(x,y)=\frac{1}{M\cdot N}\sum_{i=0}^{M}\sum_{j=0}^{N}g(i,j),$$

Геометричний усереднюючий фільтр

$$f(x,y)=\left[\prod_{i=0}^{M}\prod_{j=0}^{N}g(i,j)\right]^{\frac{1}{M\cdot N}}.$$

а б в
г д е

Рис. 3.35. (а) Исходное изображение размерами 500×500 элементов. (б)–(е) Результаты сглаживания усредняющим фильтром с квадратной маской размерами $n = 3$, 5, 9, 15, и 35. Черные квадратики в верхней части имеют размеры 3, 5, 9, 15, 25, 35, 45, и 55 пикселей соответственно и расположены на расстоянии в 25 пикселей друг от друга. Буквы внизу изменяются в размерах от 10 до 24 пунктов, с увеличением каждый раз на 2 пункта; размер самой большой буквы — 60 пунктов. Вертикальные полосы имеют 5 пикселей в ширину и 100 пикселей в высоту; расстояния между ними — 20 пикселей. Диаметр кружков — 25 пикселей, и расположены они на расстоянии 15 пикселей друг от друга; их уровни яркостей изменяются от 0% до 100% черного с шагом 20%. Общий фон изображения — 10% черного. Прямоугольники с шумом имеют размеры 50×120 пикселей.

Фільтр Гауса

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

$$G_\sigma = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}.$$

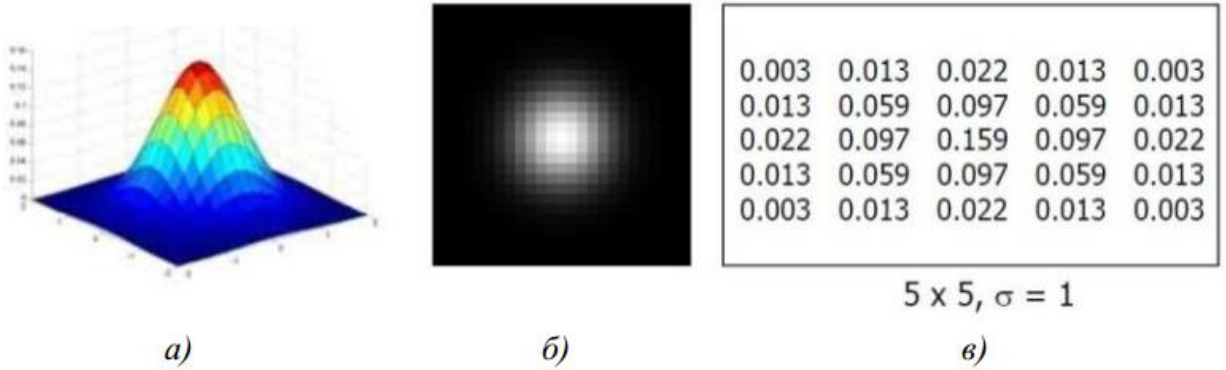
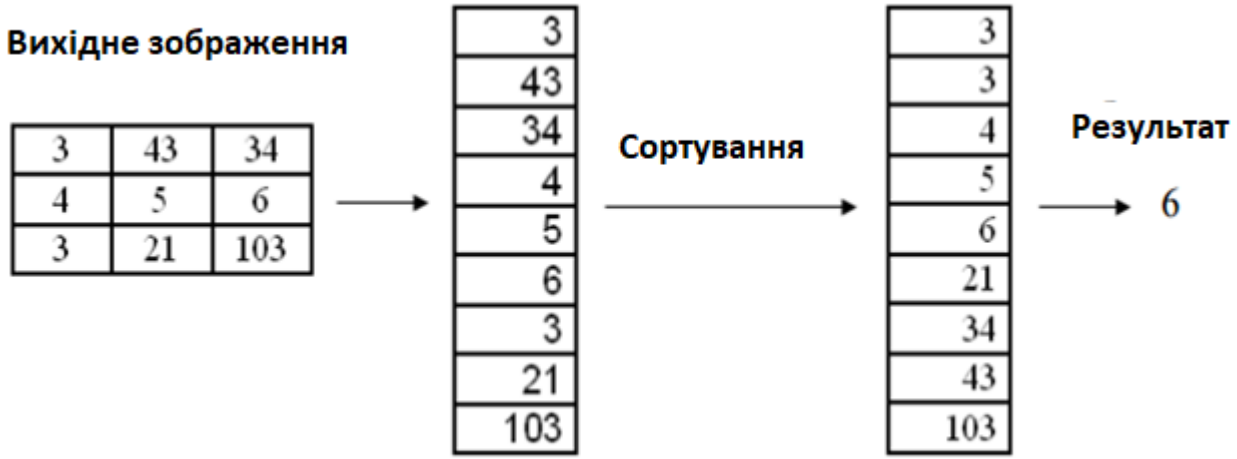


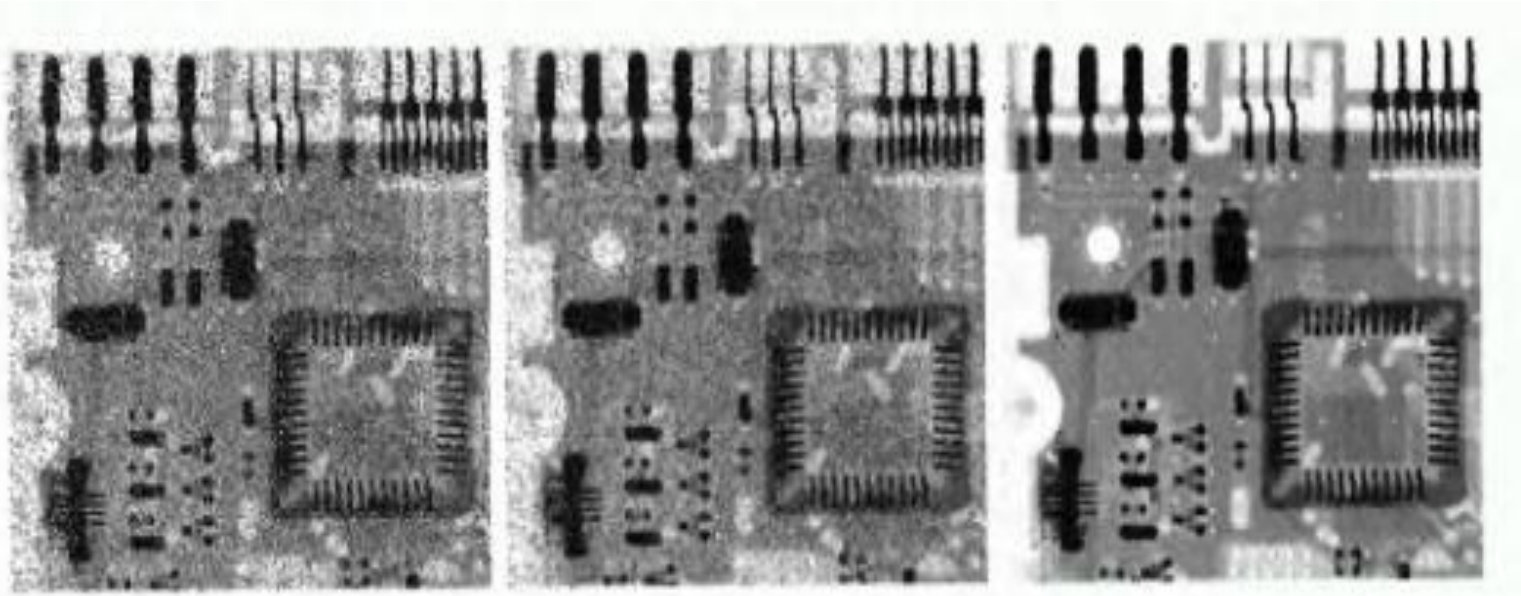
Рис.2.1.Різне представлення функції Гауса: а)в вигляді поверхні; б)полутонове зображення; в)маски з коефіцієнтами.

Обчислювальні аспекти фільтрації
Розподіл по координатам

$$G_\sigma(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}\right)\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}\right),$$

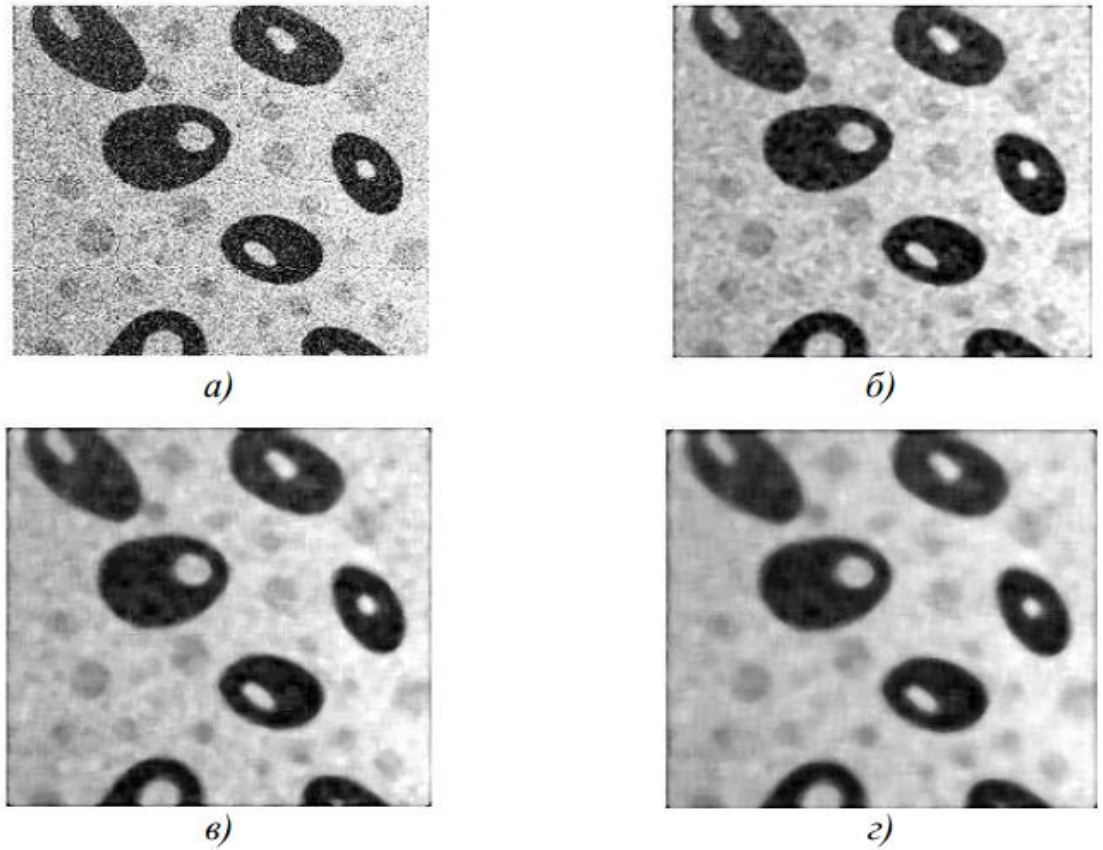
Медіанна фільтрація
Імпульсні шуми





а б в

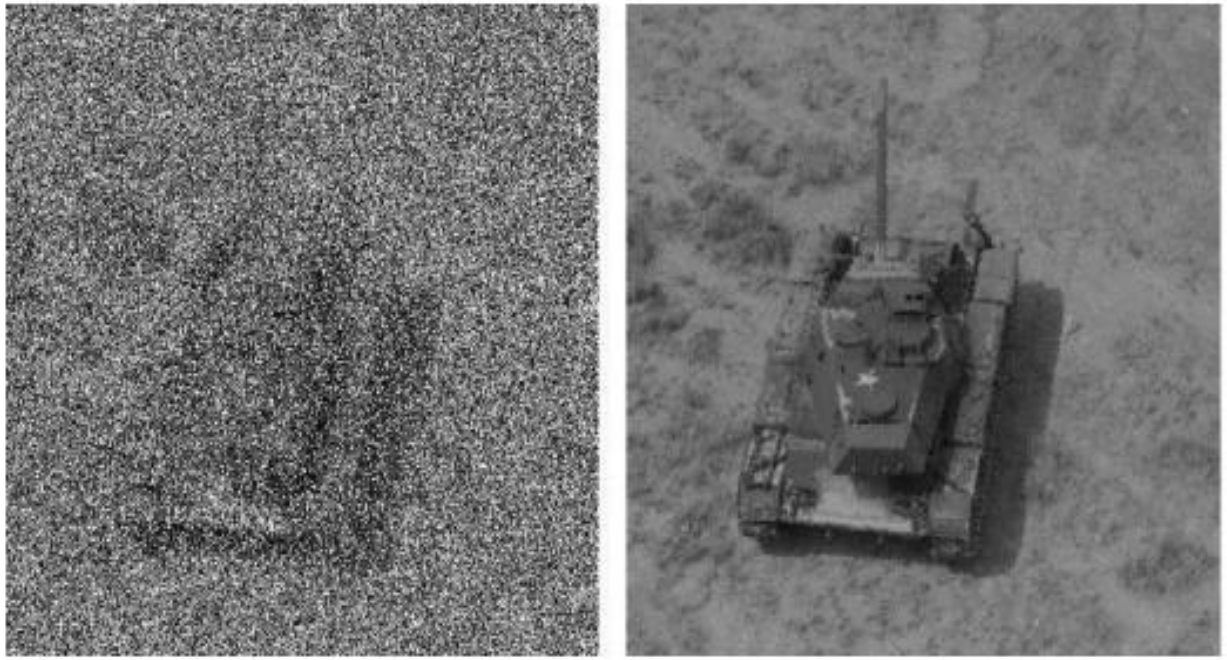
Рис. 3.37. (а) Рентгеновский снимок монтажной платы, искаженный импульсным шумом. (б) Подавление шума усредняющим фильтром по окрестности 3×3. (в) Подавление шума медианным фильтром по окрестности 3×3. (Исходное изображение предоставил Джозеф Пасенте, компания Lixi, Inc.).



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 7.12. Примеры медианной фильтрации: *а*) исходное изображение с импульсным шумом (сильная степень зашумления); *б*) результат в окне 5×5; *в*) 7×7; *г*) 9×9

Рангова фільтрація



5. Фільтрація в частотній області

Прямое фурье-преобразование (*фурье-образ*) $F(u)$ непрерывной функции одной переменной $f(x)$ определяется равенством

$$F(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-i2\pi ux} dx , \qquad (4.2\text{-}1)$$

где i — мнимая единица ($i^2 = -1$). Наоборот, по заданному фурье-преобразованию $F(u)$ можно получить исходную функцию $f(x)$ при помощи *обратного* преобразования Фурье:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(u) e^{i2\pi ux} du . \qquad (4.2\text{-}2)$$

раз можно получить исходную функцию. Указанные преобразования можно легко распространить на функции двух переменных:

$$F(u,v)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y)e^{-i2\pi(ux+vy)}dxdy \qquad (4.2\text{-}3)$$

и, аналогично, для обратного преобразования

$$f(x,y)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} F(u,v)e^{i2\pi(ux+vy)}dudv\,. \qquad (4.2\text{-}4)$$

Фурье-преобразование дискретной функции одной переменной $f(x)$, $x=0, 1, 2, \ldots, M-1$, задается равенством

$$F(u)=\frac{1}{M}\sum_{x=0}^{M-1} f(x)e^{-i2\pi ux/M}, \quad u=0,1,2,\ldots,M-1. \qquad (4.2\text{-}5)$$

Это (*прямое*) *дискретное преобразование Фурье* (ДПФ) лежит в основе всех рассмотрений настоящей главы. Как и ранее, по заданному фурье-преобразованию $F(u)$ можно восстановить исходную функцию при помощи обратного ДПФ:

$$f(x)=\sum_{u=0}^{M-1} F(u)e^{i2\pi ux/M}, \quad x=0,1,2,\ldots,M-1. \qquad (4.2\text{-}6)$$

Дискретное прямое и обратное преобразования Фурье допускают непосредственное обобщение на двумерный случай. Прямое дискретное фурье-преобразование функции $f(x,y)$ (изображения) размерами $M \times N$ задается равенством

$$F(u,v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-i2\pi(ux/M + vy/N)}. \qquad (4.2\text{-}16)$$

Как и в одномерном случае, это выражение должно быть вычислено для всех $u = 0, 1, 2, ..., M-1$ и также для всех $v = 0, 1, 2, ..., N-1$. Аналогично, по заданному фурье-преобразованию $F(u,v)$, мы можем получить $f(x,y)$ при помощи обратного преобразования Фурье, задаваемого выражением

$$f(x,y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) e^{i2\pi(ux/M + vy/N)}, \qquad (4.2\text{-}17)$$

где $x = 0, 1, 2, ..., M-1$ и $y = 0, 1, 2, ..., N-1$. Равенства (4.2-16) и (4.2-17) составляют *пару двумерных дискретных преобразований Фурье* (ДПФ) (прямое и обратное). Переменные u и v называются *переменными преобразования* или *частотными переменными*, переменные x и y — *пространственными переменными* или *переменными изображения*. Как и в одномерном случае, положение множителя $1/MN$ не имеет значе-

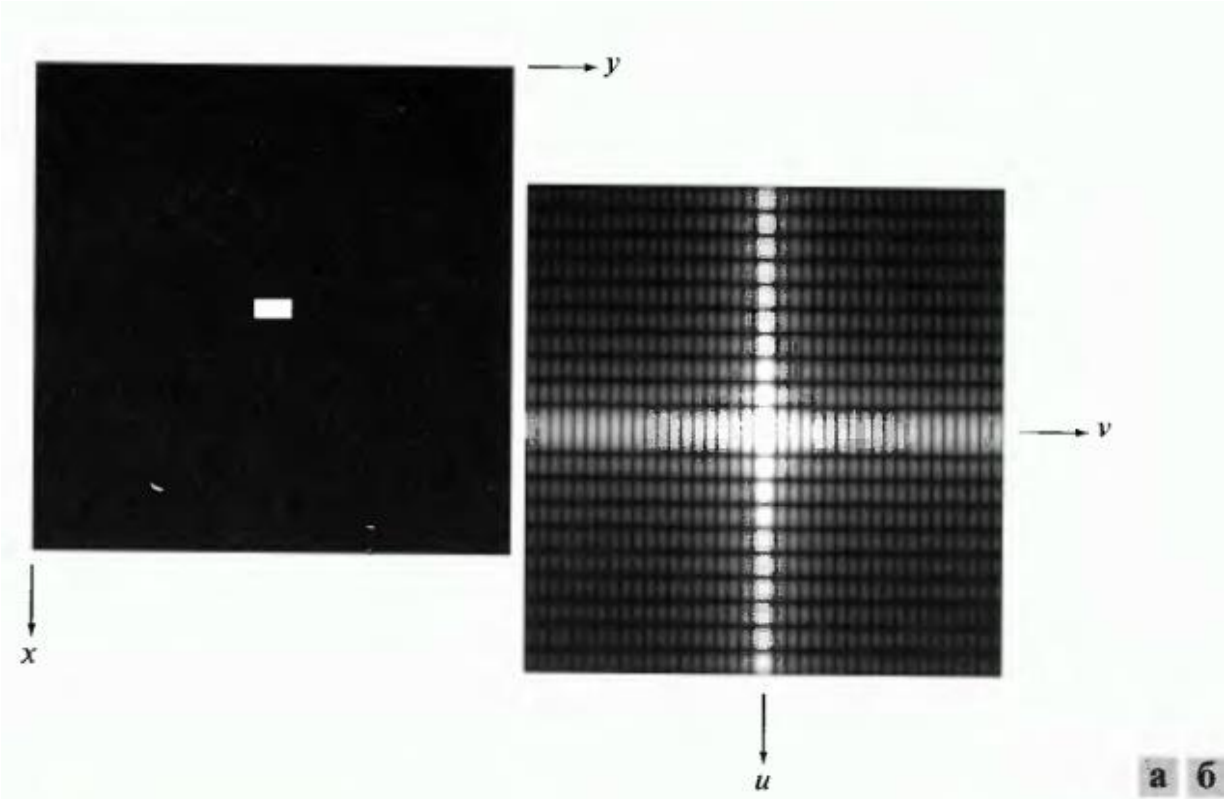


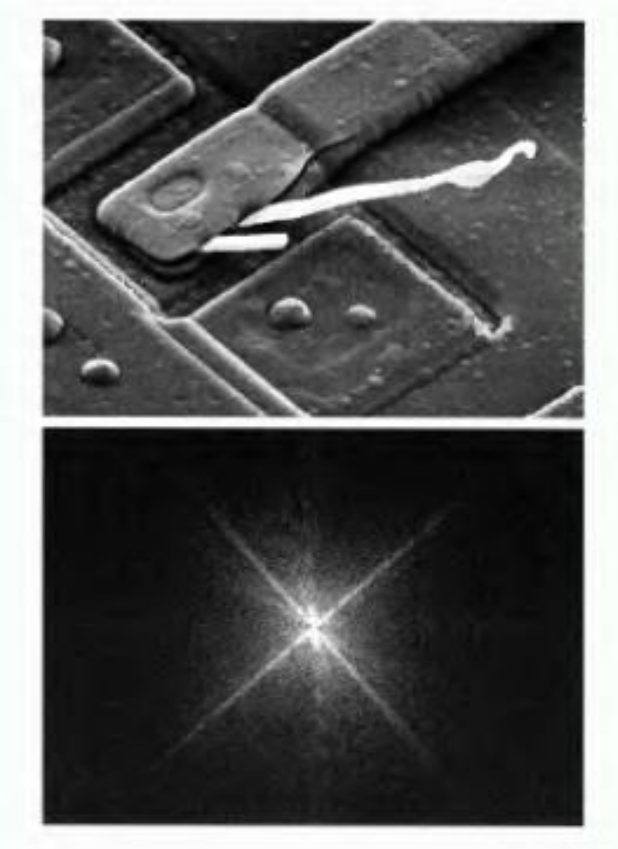
Рис. 4.3. (а) Изображение белого прямоугольника 20×40 на черном фоне размерами 512×512 пикселей. (б) Центрированный спектр Фурье представлен после применения логарифмического преобразования (3.2-2). Сравните с Рис. 4.2.

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v).$$

H – передаточна функція фільтра

Рис. 4.5. Основные этапы фильтрации в частотной области.

Обчислювальні аспекти - просторова і частотна області



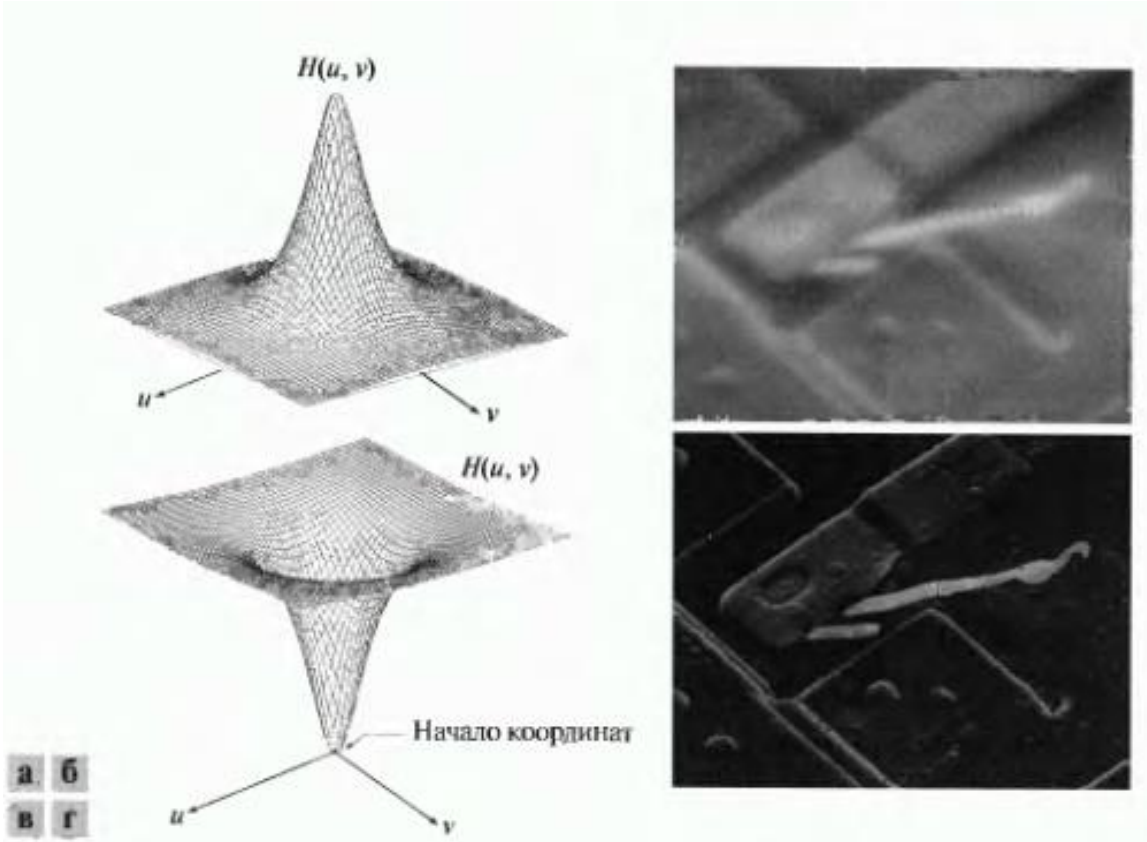


Рис. 4.7. (а) Двумерная передаточная функция фильтра низких частот. (б) Результат низкочастотной фильтрации изображения Рис. 4.4(а). (в) Двумерная передаточная функция фильтра высоких частот. (г) Результат высокочастотной фильтрации изображения Рис. 4.4(а).

Відповідність між фільтрацією в просторовій області та фільтрацією в частотній області

Згортка функцій

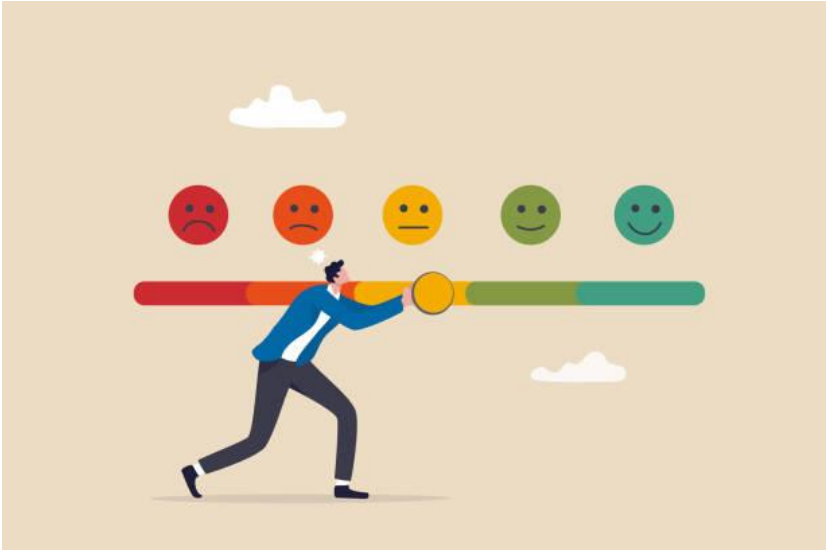
$$f(x,y)*h(x,y)=\frac{1}{MN}\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1}f(m,n)h(x-m,y-n)$$

$$f(x,y)*h(x,y)\Leftrightarrow F(u,v)H(u,v).$$

3.Оцінка якості цифрових зображень

Комплексна методика має на увазі декілька стадій, в результаті яких виробляється єдина концепція з розрахунком комплексного показника. Він і описує рівень якості досліджуваного відбитку, отже – друк тестованого устаткування. Не вдаючись до подробиць основ теоретичної кваліметрії, приведемо основні кроки і правила, яким треба слідувати, щоб побудувати логічну схему оцінки якості друку.

Спочатку потрібно вибрати і обґрунтувати перелік параметрів, по яких виробляється оцінка. Кожному показнику призначені одиниця виміру, еталонне значення і критерій оцінки. Простіше кажучи, треба чітко уявляти, що оцінювати, як вимірювати і з яким еталоном порівнювати.



Виміри параметрів проводяться по тест-объектам на тестовій смузі (рис.2.2). Зручно, коли окрім них на тестовій смузі є суб'єктивні елементи – растрові і векторні зображення, якість відтворення яких можна оцінити на око.

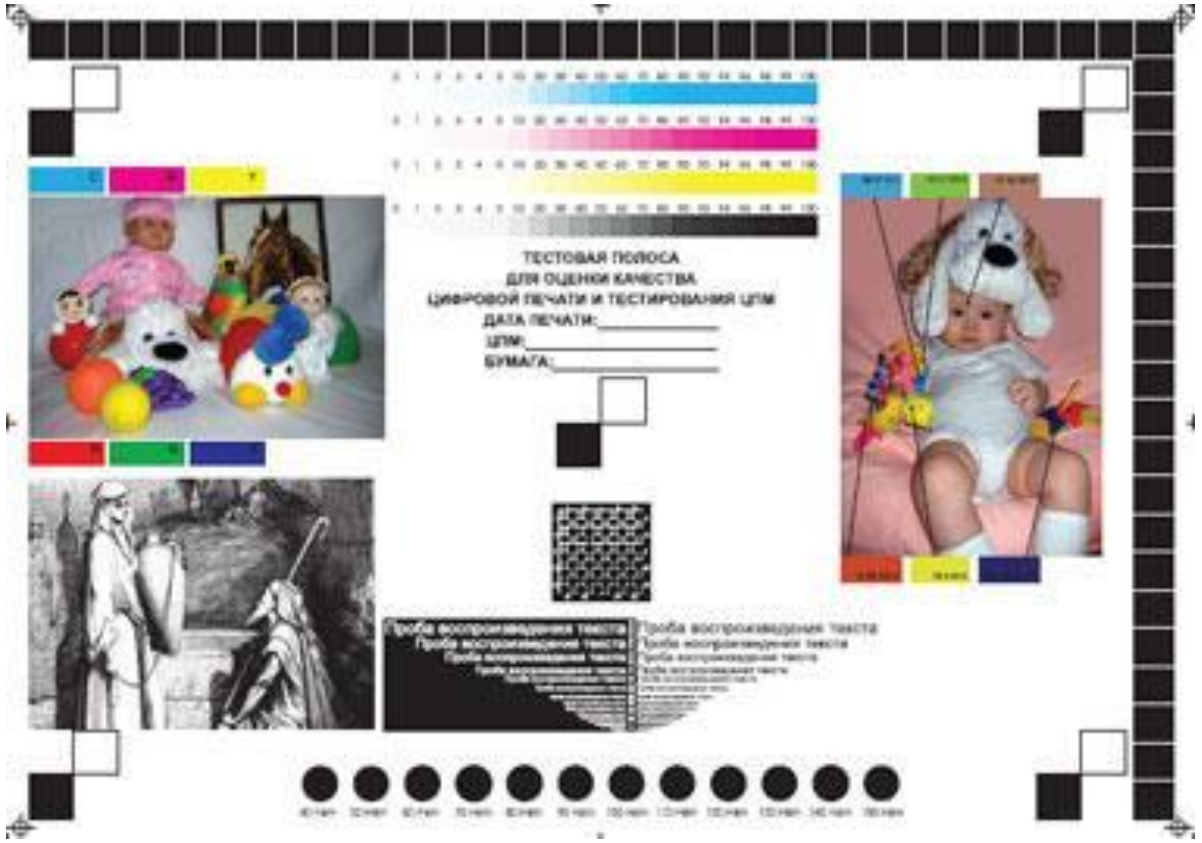


Рис.2.2

Оптична щільність фону. Контроль чистоти фону за пробільними елементами. У ідеальному випадку фону на відбитку бути не повинно. Тому еталонне значення – 1, а коли фон помітний на око – 0.

Рівномірність друку. Оцінка рівномірності друку плашки особливо важлива при друці зображень з великими суцільними ділянками. Звичайно, сучасний цифровий друк вже не містить явного дефекту нерівномірності друку, як на зорі електрографії, але параметр слід контролювати, що підтверджують багато дослідників якості друку.

Якість рівномірності друку оцінюється по вертикальних і горизонтальних смугах. При ідеальній рівномірності, що оцінюється по чорній і кольоровим плашкам, корду якість друку заливок і штрихів цілком відповідає заявленим характеристикам, пропусків і порожнеч немає, які-небудь артефакти відсутні – значення показника прирівнюється до 1 балу. Інакше – 0,66 або 0,33.

Градаційна передача. Один з найважливіших показників якості оцінюється по кількості переданих півтонів. У дослідженні пропонується використовувати шкалу з різними відносними розмірами растрової точки 0-100%. Оцінюємо від 0,2 до 1 бала.

Якщо градієнтні заливки можна вважати практично бездоганними: колірні переходи в цілому плавними, помітна ступінчастість майже відсутня – градієнтну передачу можна вважати відмінною. Для користувача це означає, що як бізнес-графіка, так і фотографії, надруковані на цьому принтері, виглядатимуть цілком природно.

Оптична щільність зображення. При листовому офсетному друці для різних типів друкарських основ денситометричні дані стовідсоткових полів друкарських фарб повинні відповідати наступним значенням:

Крейдовані глянсові папери:
Cyan – 1,55 ±0,1
Magenta – 1,50 ±0,1
Yellow – 1,45 ±0,1
Black – 1,85 ±0,1

Крейдовані матові папери:
Cyan – 1,45 ±0,1
Magenta – 1,40 ±0,1
Yellow – 1,25 ±0,1
Black – 1,75 ±0,1

Для електрофотографії розкид оптичної щільності зображення збільшується до 0,3 (при якісному друці) і більше, як правило, задовольняючи більшість замовників. Тому оцінюємо щільність зображення по чорній і кольоровим плашкам, розташованим в різних частинах тестової смуги, приблизно таким чином: 1 бал за попадання в допустимий діапазон; 0,6 при відхиленні близько 0,5; 0,3 для відхилення близько 0,75; 0 балів в інших випадках.

Роздільна здатність друку. Здатність системи відтворювати дрібні деталі : штрихи, що окремо стоять, і точно передавати зображення штрихів різної величини. Контролюється по концентричних колах.

Тест-об'єкт роздільної здатності друку складається з концентричних кіл з різною шириною штрихів. Якщо на тестовому відбитку відтворені штрихи розміром 40 мкм, то показнику привласнюється максимальне значення – 1 бал; від 50 до 70 мкм – 0,6, в інших випадках – 0,3 і нижче.

Роздільна здатність в чорному кольорі. Визначають за тест-об’єктом Бурмистрова, що складається з 100 штрихових елементів, розділених на 25 груп. У кожній групі надруковані 4 штрихові елементи у формі квадрата із стороною 2 мм. Штрихові елементи в кожній групі розташовуються під різними кутами: 0°, 90° і 45° в один бік, 45° в іншу. Оскільки їх розміри однакові, кількість штрихів в них різне і змінюється від 4 до 17 з дотриманням правила подібності ширини штрихів і пропусків. На відбитку за допомогою лупи встановлюють ту групу штрихових елементів, в якій ще виявляється чітка пропечатка усіх штрихів. Потім рахують кількість штрихів в одному з 4-х елементів і обчислюють роздільну здатність діленням отриманої кількості на 2 (розмір сторони квадрата).

Роздільна здатність в кольорах палітри. Є набори подовжніх, поперечних, похилих, хвилястих і пересічних ліній різних кольорів. Якщо сплетені в "квітку" багатоколірні лінії відрізняються яскравістю і чіткістю, яких або зауважень немає – параметр оцінюється в 1 бал.

Оцінка якості відтворення шрифтів. Цей тест дозволяє оцінити якість друку текстового матеріалу, набраного шрифтом із зарубками або шрифтом без зарубок (наприклад, Times New Roman і Arial, відповідно). Кеглі шрифтів зменшуються від 72pt до 2pt.

Результат тесту – мінімальний читаний кегль шрифтів (розмір в пунктах), якість друку криволінійних і похилих елементів літер. Під читаністю шрифту мається на увазі збереження цілісності основних елементів літер (відсутність елементів, що "заплили", або розривів літер).
Можливість прочитати шрифти усіх використаних розмірів оцінюється в 1 бал. Якщо читаються усі шрифти, окрім найменшого, 2 пт – можна оцінити результат в 0,8 балу. І так далі.

Колірне охоплення друку. Дозволяє оцінити максимальну кількість кольорів, які здатна відтворити система (колірне охоплення друку). Оцінюється візуально по кольорових плашках і зображеннях. У балах – від 1 до 0,3 балів.
Відтворення пам'ятних кольорів. Властивість системи відтворювати пам’ятні кольори (вибрані колір неба, зелені, тілесний, помаранчевий, лимонний і фіолетовий), міра відповідності яких представленню спостерігача оцінюється від 1 до 0,2 балів.
Як правило, цей тест складається з набору фотографій, характерних для оцінки вірності перенесення кольорів, насиченості і детальності зображень.
Фактура поверхні відбитку. Якщо на текстових елементах відбитку, отриманого за допомогою цифрової технології, промацується рельєф зображення, оцінка 0, якщо немає – 1.

Глянець відбитку. Рівень блиску поверхні відбитку, як правило, пов'язаний з використанням ф’юзерного масла в системі закріплення друкуючого пристрою. Визначається візуально по рівню глянцю (є – 0, немає – 1).

Адгезія тонера до паперу. Міра закріплення тонеру на поверхні визначається по рівню оптичної щільності плашки, яка була схильна до багатократного стирання по запечатаних ділянках. Якщо після стирання плашки шматочком паперу щільність значно змінюється – 0 балів, при хорошій стійкості – 1.

Приведення фарб. Точне розміщення зображень без геометричних зрушень на обличчі і обороті запечатуваного листа традиційно називається приведенням.

Допустимі відхилення складають приблизно 0,1 мм.

Найпростішим способом перевірки поєднання фарб є розгляд певної ділянки зображення в лупу. Якщо лупа оснащена вимірювальною шкалою, то друкар може оцінити величину несуміщення і, наскільки це можливо, відрегулювати неприведення по колу і в осьовому напрямі.

@ZTUEDUUA

ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

- **Розвиваємо лідерів**
- **Створюємо інновації**
- **Змінюємо світ на краще**